



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# UUSIUTUVAT ENERGIAJÄRJESTELMÄT VANHASSA PIENKIINTEISTÖSSÄ

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Tiina Kokkonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Tiina Kokkonen	
Työn nimi Uusiutuvat energiajärjestelmät vanhassa pienkiinteistössä	
Päiväys 19.2.2020	Sivumäärä/Liitteet 27
Ohjaaja(t) Tanja Pentinsaari, Ari Mikkonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Tiina Kokkonen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö perustuu käytännön tarpeeseen, jonka tarkoituksena oli hyödyntää opintoja koskien aurinkolämpöä, aurinkosähköä ja lämpöpumppusovelluksia. Opinnäytetyö on kohdennettu olemassa olevaan pienkiinteistöön ja kyseisen kiinteistön tarpeisiin. Tarkoituksena oli selvittää, minkälainen järjestelmä olisi toimiva ja tarkoituksenmukainen energiankulutuksen pienentämiseen ja itsenäiseen energiantuottamiseen.</p> <p>Opinnäytetyö oli monivaiheinen. Ensimmäinen vaihe alkoi erikoistumisprojektin jatkumona. Erikoistumisprojektin aikana alkanut taustatietojen kerääminen ja kulutusten seuranta erityyppisissä kiinteistöissä jatkui opinnäytetyön tekemisen ajan. Erikoistumisprojektin yhteydessä hankitut taustatiedot oli järkevää hyödyntää opinnäytetyössä.</p> <p>Kulutusseuranta sisältää sähkön, käyttöveden ja lämmitysenergian seurannan ja yhteenveto vertailut kahdeksan vuoden ajalta. Hankitun tiedon perusteella perehdyin tarjolla oleviin järjestelmiin ja niiden ominaisuuksiin ajatellen käyttökelpoisuutta ja toimivuutta kohdekiinteistössä. Vastaavanlaista, suoraan vertailukelpoista kiinteistöä ei ollut käytettävissä, joten näiltä osin oli tyydyttävä arvioimaan järkevintä lopputulosta.</p> <p>Taustatietojen kartoituksen valmistuttua huomionarvoista oli se, että pohjapinta-alan ja kulutuslukemien lisäksi kiinteistön sijainnilla oli olennainen merkitys kustannuksiin eri vaihtoehtoja mietittäessä. Syrjäinen sijainti nostaa kustannuksia ja saatavuuksia verrattuna kasvukeskusten läheisyydessä sijaitseviin kiinteistöihin. Tämän huomion myötä osa markkinoilla olevista vaihtoehtoista karsiutui pois.</p> <p>Suorien kustannusten rinnalla ympäristöystävällisyys, helppokäyttöisyys ja huolettomuus olivat keskeisiä valintakriteereitä. Energian säästön aikaansaamiseksi ilmalämpöpumppu osoittautui luontevaksi ja kustannustehokkaaksi investoinniksi.</p> <p>Lopputuloksena kohdekiinteistöön asennettiin toimiva, ympäristöystävällinen ja helppokäyttöinen ilmalämpöpumppu. Ilmalämpöpumpun asennuksen myötä lämmityskustannukset pienenevät tuoden samalla kiinteistön omistajalle helppoutta arkeen sekä lämmitys- että jäähdytyskaudella.</p>	
Avainsanat aurinkolämpö, aurinkosähkö, lämpöpumput, uusiutuva energia	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Tiina Kokkonen			
Title of Thesis Renewable Energy Systems in an Old Small Property			
Date	19th of February 2020	Pages/Appendices	27
Supervisors Tanja Pentinsaari, lecturer Ari Mikkonen, lecturer			
Client Organisation /Partners Ms Tiina Kokkonen			
<p>Abstract</p> <p>This thesis is based on a practical need the purpose of which was to utilize studies on solar heat, photovoltaics and heat pumps. The thesis was focused on an existing small real estate and its needs. The aim was to find out which system would be most effective and appropriate in terms of reducing energy consumption and, if possible, to generate some of the energy needed.</p> <p>The thesis was a multistaged process. The first phase began influenced by another project and refined over time to the next phase. As early as from the first phase background information and consumption readings were gathered from different real estates. From the gathered information it was focused on existing systems and their features and started to compare their utility to the target real estate. Parallel, a comparable real estate could not be found so it had to be settled for estimating the most reasonable result.</p> <p>After the background job was completed it was noticed that on top of area and consumption readings the location had an essential significance when comparing different options. A remote location can easily increase cost and availability compared to real estates located close to growth centers. After the survey the options had to be cut down and when placing a call for bids it was easy to add environmental friendliness, ease and nonchalance to the criteria. After some consideration the air source heat pumps proved to be a familiar and cost-effective option while other options were left waiting for a wider clearance on the target estate.</p> <p>The end result was a affordably working and environmentally friendly entirety suitable for both summer and winter usage.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Renewable energy, solar energy, solar power, air source heat pump, direct electrical heating.</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	AURINKOSÄHKÖ LYHYESTI .....	7
2.1	Aurinkoenergian yleistyminen .....	8
3	LÄMPÖPUMPPUTEORIA .....	10
3.1	Lämpöpumppujen suosion kasvaminen .....	10
3.2	Lämpöpumppukäsitteitä .....	11
3.3	Faasimuutokset .....	12
3.4	Kylmäaineiden ympäristövaikutuksia .....	13
3.5	Kylmälaitos –kylmäprosessi .....	13
3.6	Kylmälaitoksen pääkomponentit ja toiminta .....	15
3.7	R32 –kylmäaine .....	16
4	KOHDEKIINTEISTÖN ESITTELY .....	17
5	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS JA SUUNNITTELU .....	19
5.1	Vaihtoehtoiset järjestelmät ja kokoonpanot .....	19
5.2	Paneelityyppien ja järjestelmien vertailu .....	20
6	AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS JA SUUNNITTELU .....	21
6.1	Aurinkoenergalaskelma .....	21
7	LÄMPÖPUMPUN MITOITUS JA SUUNNITTELU .....	23
7.1	Ilmalämpöpumpun mitoitus .....	23
8	TAKAISINMAKSUAIKA .....	25
9	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	26
	LÄHTEET JA LAINAUKSET .....	27

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

### Lyhenteet

COP	Kylmäkoneen kylmäkerroin tai lämpöpumpun lämmönkerroin
GWP	Kylmäaineen ilmaston lämmitysvaikutus (Global warming potential)
HCFC	Halogenoitu kloorifluorihilivety
HFC	Fluorihilivety
ODP	Kylmäaineen haitallinen vaikutus otsonille (Ozone depleting potential)
TEWI	Kylmäaineen lämmitysvaikutus sisältäen välilliset vaikutukset (Total equivalent warming impact)

### Termit

F-kaasuasetus	Euroopan Unionin F-kaasuja (N:o 517/2014) koskeva asetus
GWP-arvo	Yhden kasvihuonekaasukilogramman lämmitysvaikutus suhteessa hiilidioksidiin 100 vuoden ajanjaksolla
Kriittinen piste	Kriittinen piste on aineen tilapiste, jonka yläpuolella erilliset neste- ja kaasufaasit häviävät
Log(p),h-tilapiirros	Kuvaaja, jossa on vaaka-akselilla entalpia ja pystyakselilla logaritminen paine
ODP-arvo	Kylmäaineen haitta otsonille 100 vuoden ajanjaksolla verrattuna R11-kylmäaineeseen

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja perehtyä vuonna 1962 valmistuneen puurunkoisen pienkiinteistön energiankulutukseen ja erilaisiin vaihtoehtoihin energiankulutuksen vähentämiseksi. Kiinteistöön on tehty katto- ja ikkunaremontit, ulkoseinät ovat lähestulkoon alkuperäiset. Eristyksen vajavaisuus on huomioitu suunniteltaessa sekä lämmitysenergian tarvetta että tulevia remontteja. Kohdekiinteistö sijaitsee Koillis-Savon haja-asutusalueella sähkönjakelun kannalta haastavalla alueella. Kiinteistölle tulee avojohtimet metsien poikki ja linjalla on herkästi jakeluhäiriöitä raskaan lumen tai myrskyisten olosuhteiden vallitessa.

Harkitessa aurinkosähköön, lämpöpumppuihin tai hybridijärjestelmään siirtymistä, yhtenä vaikuttavana tekijänä oli sähköenergian ja sähkön siirron hintojen jatkuva nousujohteinen kehitys. Kustannustehokkuuden rinnalla keskeisinä arvoina esiin nousivat myös ympäristöystävällisyys, mahdollisuus vaikuttaa oman hiilijalanjäljen pienentämiseen sekä asumisen helppous ja mukavuus. Uusiutuvan energian tarjoamat vaihtoehdot ja mahdollisuudet avasivat ovet mielenkiintoiseen maailmaan tarjoten harkittavaksi useita erilaisia vaihtoehtoja ja järjestelmiä otettaessa huomioon sähkönjakelun keskeytyminen haastavien sääolosuhteiden vallitessa.

Opinnäytetyön yhtenä kulmakivenä oli seurata kiinteistön energian, veden ja lämmityksen kulutuksia ja verrata jo olemassaolevien järjestelmien laskennallista hyötysuhdetta kustannuksiin ja kulutuksiin. Vertailun suorittamisen jälkeen tarkoitus oli valita kustannustehokas, luotettava ja helppokäyttöinen järjestelmä kohdekiinteistöön jatkaen samalla kulutuslukemien tarkkailua. Jatkossa työn tuloksia voidaan käyttää avuksi vastaavanlaisissa kiinteistöissä.

## 2 AURINKOSÄHKÖ LYHYESTI

Olemassa olevien öljyvarojen arvioidaan kestävän enää 40-50 vuotta. Maakaasun, uraanin ja kivihii-  
len käytöllä on myös omat rajoituksensa. Jäljellä olevien raaka-aineiden käyttö tulee yhä kalliim-  
maksi ja epäekologisemmaksi; auringosta saatava energia on lähes loputon resurssi ja aurinkoener-  
gian hyödyntäminen on saasteetonta.

Maapallon pintaan osuu auringon säteistä kohtisuorassa olevalle tasolle noin 1 watin säteilyteho/ne-  
liömetri. Pilvinen, hiukkasten täyttämä ilma tai auringon paistaminen matalalta pienentävät panee-  
lien tehoa. Aurinkopaneelin keskimääräinen hyötysuhde on noin 20 % ja tämä tarkoittaa sitä, että  
kirikkaalla ilmalla yhden neliömetrin kokonen paneeli tuottaa noin 150 Wp tehon.

Pelkistetysti kerrottuna aurinkosähköjärjestelmä muodostuu aurinkopaneeleista, vaihtosuuntaajasta  
ja asennukseen liittyvistä tarvikkeista. Auringosta syntyvä säteily saa aurinkopaneeleissa aikaan säh-  
kövirran ja tämä virta on tasavirtaa. Jännite on yleensä paneelista riippuen 15-30 voltin suuruusluok-  
kaa. (Sulander, 2018).

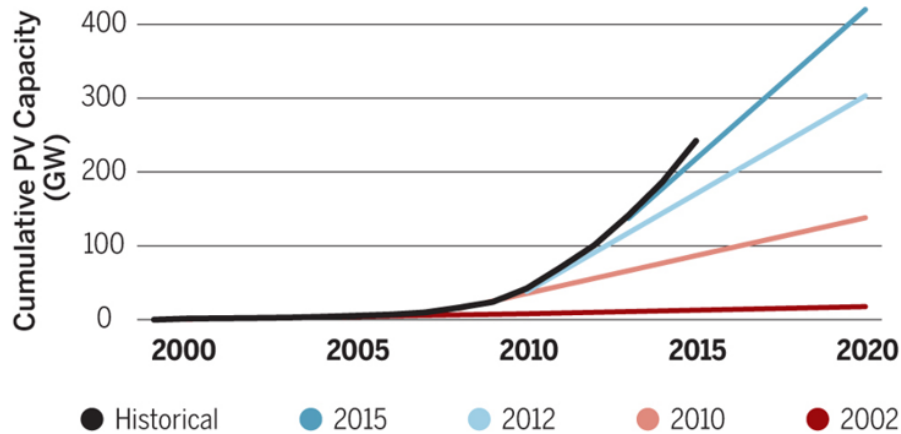
Aurinkosähköä tuottaessa paneelit kytketään peräkkäin sarjaan ja kytkentä liitetään vaihtosuun-  
taajaan. Mikäli kyseessä on suurempi aurinkosähkövoimala, paneelit on kytketty sekä sarjaan että  
rinnan halutun tehon saavuttamiseksi. Aurinkopaneelin teho riippuu paneelin koosta, nyrkkisääntönä  
voidaan pitää 150 wattia/neliömetri. (Sulander, 2018).

Paneelien tuottama (tasa)virta muutetaan vaihtosuuntaajassa 230 voltin vaihtovirraksi. Yleensä  
suuntaaja kytketään sähköverkon rinnalle ja se seuraa yleisen sähkövirran jännitettä ja taajuutta.  
Vaihtosuuntaaja tuottaa hieman verkkojännitettä korkeampaa jännitettä ja täten vaihtosuuntaajan  
tuottama teho siirtyy ensisijaisesti kiinteistön käyttöön. Mikäli energiantarvetta ei ole, ylimääräinen  
energia (teho) siirtyy sähköverkkoon. (Ahjo, Aurinkosähkö, 2020).

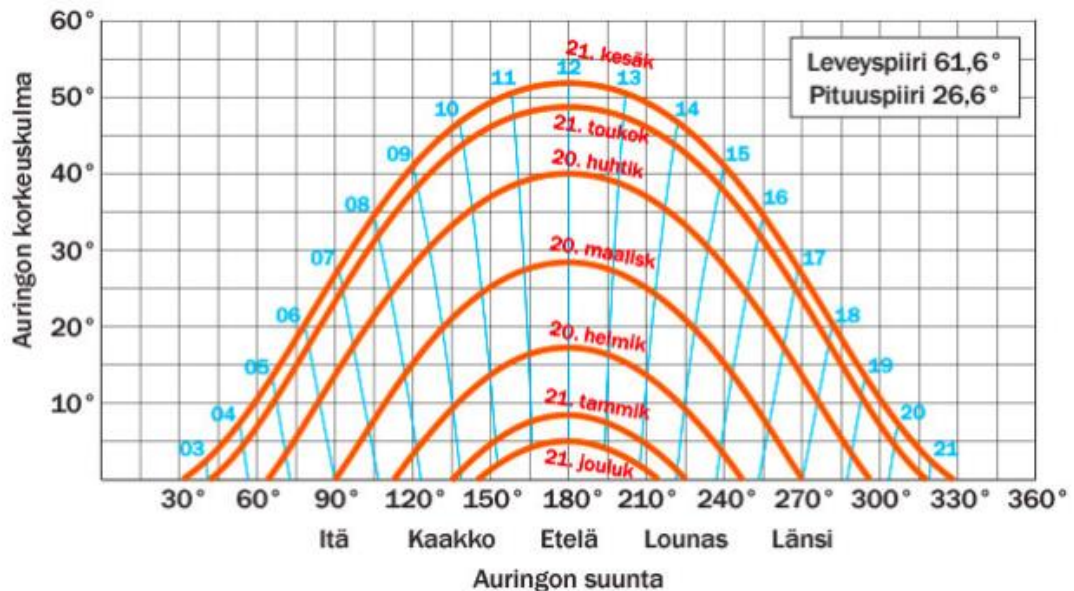
Mikäli kiinteistö on varustettu aurinkosähköjärjestelmällä, pitää kiinteistö varustaa kaksisuuntaisesti  
mittaavalla sähkömittarilla; näin saadaan luotettavat mittaustulokset sekä kiinteistön kuluttamasta  
energiasta että järjestelmän mahdollisesti verkkoon syöttämästä energiamäärästä. Pienemmät jär-  
jestelmät ovat yksivaiheisia, suuremmat kolmivaiheisia. (Suntekno Oy, Aurinkosähköjärjestelmän  
asentaminen, 2019).

## 2.1 Aurinkoenergian yleistyminen

Aurinkoenergian käyttö on yleistynyt paitsi maailmalla, myös Suomessa. Yleistymisen takana on teknologian kehittyminen, aurinkoenergian kannattavuuden paraneminen, ekologisuus ja sähkön hinnan korotukset. Aurinkoenergia on keskeisessä roolissa, kun puhutaan puhtaan ja uusiutuvan energian tulevaisuudesta. Aurinko mahdollistaa päivittäin käyttöömmme enemmän energiaa, kuin tarvitsemme koko maapallon sähköntarpeiden tuottamiseen. Kuviossa 1 kuvataan aurinkosähkön yleistymistä maailmalla viimeisen viidentoista vuoden aikana.



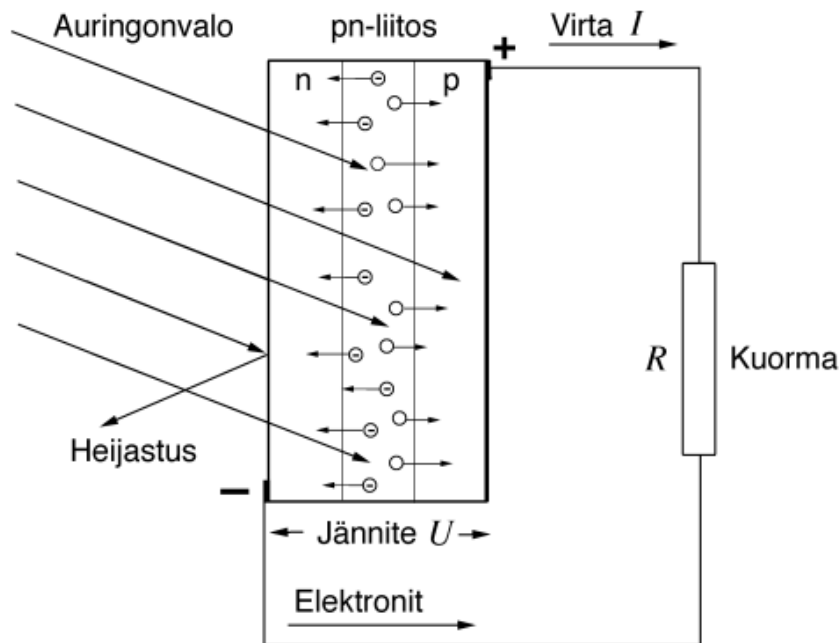
KUVIO 1. Aurinkosähkön yleistyminen maailmalla. (International Energy Agency)



KUVIO 2. Auringon korkeus ja suunta eri kuukausina Hirvensalmella. (Ahjoenergia, 2019)



Aurinkokenno muuttaa auringosta tulevan säteilyn sähköenergiaksi fotonien energian kautta. Säteilyn fotonien energia irrottaa kennojen (puolijohde) materiaalin elektroneja ja tämä aikaansaa elektronit-aukkopareja. Aukkopareihin vaikuttaa kennon sisäisten kerrosten välinen sähkökenttä saaden elektronit kulkeutumaan negatiiviselle elektrodille ja aukot positiiviselle. Kun syntynyt kuorma kytketään johtimilla elektrodien välille, alkavat elektrodit virtaamaan syntyneen virtapiirin lävitse tuottaen sähkövirtaa. (Suntekno Oy, Aurinkosähköjärjestelmän asentaminen, 2019).



KUVA 1. Aurinkopaneelin toimintaperiaate. (Suntekno, 2019)

Suomen olosuhteissa optimaalinen asennuskulma aurinkopaneeleille on noin 45 astetta. Mikäli painotetaan kesäaikaan saatavaa energiaa, voi kulma olla loivempi. Loivalla harjakatolla voidaan käyttää useampaa paneelia kompensoimaan loivan kulman aiheuttamaa tehon alenemista. Maa- ja tasakattoasennuksissa ilmansuunta ja korkeuskulma voidaan säätää halutunlaiseksi. Automatiikan avulla voidaan kulman jyrkkyyttä säätää vuodenaikojen mukaan; loivempi kulma kesällä ja jyrkempi kulma talviaikaan. Mikäli maahan tai tasakatolle asennetaan useampi rivi paneeleja, pitää varjostus ottaa huomioon rivien välimatkaa mitoitettaessa. (Ahjo, Aurinkosähkö, 2020.)

### 3 LÄMPÖPUMPPUTEORIA

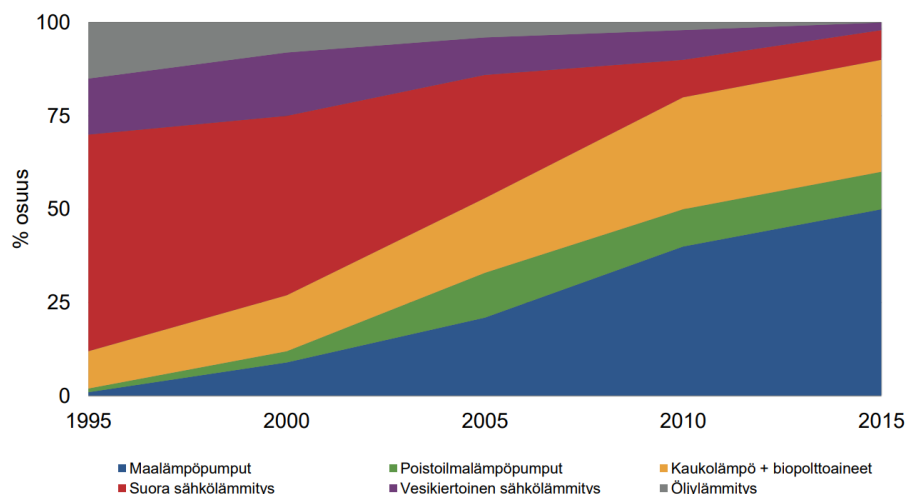
Eri lämpöpumppusovellusten toimintaa voi verrata kylmälaitteiden, kuten esimerkiksi pakastimen tai jääkaapin toimintaan. Kylmäteknisen prosessin avulla tilassa oleva lämpö sidotaan höyrystyneeseen kylmäaineeseen ja tätä kautta kylmäaineeseen sitoutunut lämpöenergia siirretään haluttuun paikkaan tai tilaan. (Happonen, 2010).

Kuten kylmälaitteiden, myös lämpöpumppujen toiminta perustuu aineen faasimuutoksiin eli höyrystymiseen ja lauhtumiseen. Laitoksessa kompressorin kierrättämä kylmäaine sitoo höyrystyessä (kiehuessa) itseensä lämpöä ympäröivästä ilmasta ja vastaavasti lauhtuessa (nesteytyessä) vapauttaa lämmön haluttuun kohteeseen. Lämpöpumppujen keskeisimmät komponentit ovat lämmönsiirtimet (höyrystin ja lauhtutin), paisuntaventtiili ja kompressor. Kompressorin ja paisuntalaitteen avulla kylmäaineeseen saadaan sekä lämpötila- että painemuutoksia.

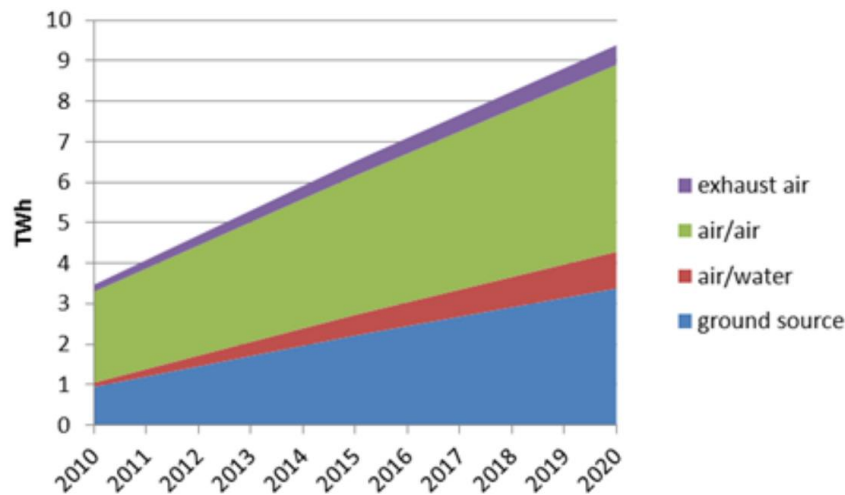
Ilmalämpöpumput ovat toiminnaltaan yksinkertaisia ja hinnaltaan edullisia lämpöpumppuratkaisuja. Nykyaikaiset ilmalämpöpumput ovat energiatehokkaita ja hyötysuhteeltaan hyviä alhaisissakin lämpötiloissa. Luonnollisestikin ilmalämpöpumppujen hyötysuhde heikkenee lämpötilan laskiessa riittävästi paljon pakkasen puolella. Kovimmilla pakkasilla tavoiteltua hyötysuhdetta ei välttämättä saavuteta. Ilmalämpöpumpun avulla kiinteistön energiankulutusta pystytään kuitenkin pienentämään huomattavia määriä. (Happonen, 2010).

#### 3.1 Lämpöpumppujen suosion kasvaminen

Lämpöpumpuista on tullut suosituin lämmitysmuoto uusissa pienkiinteistöissä.



KUVIO 3. Lämpöpumppujen suosion kasvaminen suhteessa muihin lämmitysmuotoihin. (Sulpu, 2019)



KUVIO 4. Lämpöpumpputyypin kasvun kehitys. (VTT ja Aalto-yliopisto, 2014)

### 3.2 Lämpöpumppukäsitteitä

Höyrystin on lämmönsiirrin, jossa lämpö siirtyy joko ulkoilmasta tai lämmönkeruunesteestä lämpöpumpussa kompressorin avulla kiertävään kylmäaineeseen. Ilmalämpöpumppu ottaa lämmön suoraan ulkoilmasta ja luovuttaa sen sisäyksikön avulla kiinteistön sisäilmaan. Ilmalämpöpumppu on tyypiltään yksinkertainen ja edullisin lämpöpumpputyyppeistä. Ima/vesilämpöpumppu ottaa myös lämpöenergian suoraan ulkoilmasta ja luovuttaa sen vaihtimen kautta veteen, tavallisesti rakennuksen lämminvesivaraajaan. Invertteriohjaus säätelee lämpöpumpun tehoa portaattomasti ja näin saadaan kompressorista tarvittava tehomäärä. Invertteri muuttaa vaihtosähkön taajuutta niin, että kompressorin käynti on tehon tarpeen kannalta sopivalla kierrosnopeudella. Kompressorin puristaa kylmäaineen korkeaan paineeseen, jolloin kylmäaineen lämpötila samalla nousee voimakkaasti. Omakotitaloihin tarkoitettujen pienten lämpöpumppujen kompressorit ovat tavallisesti hermeettisiä (huoltovapaita) ja niiden pyörimiseen käytetään sähkömoottoria. (Happonen, 2010)

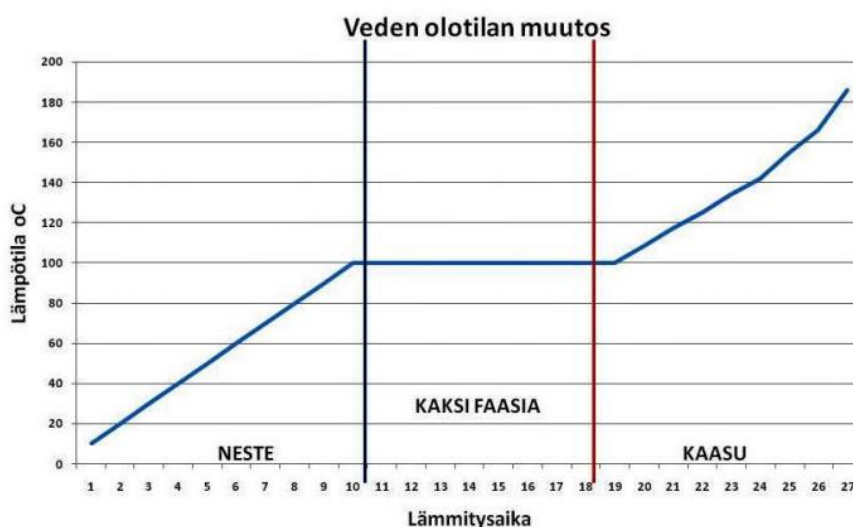
Kylmäaine kiertää jatkuvasti lämpöpumpun putkistoissa ja komponenteissa ja siirtää kulkiessaan lämpöenergiaa ulkotoilista sisätiloihin. Kylmäkoneista, jääkaapeista ja pakastimista saatua nimitystä kylmäaine on lämpöpumppujen yhteydessä harhaanjohtava, sillä niissä aine kuljettaa lämpöä sisälle rakennukseen.

Lauhdutin on lämmönvaihdin, jossa lämpöpumpun keräämä energia siirretään rakennukseen sisälle. Lämpökerrointa COP (coefficient of performance) käytetään esim. lämpöpumppujen tehokkuutta arvioitaessa. Lämpökerroin kertoo lämpöpumpun annetun teoreettisen lämmöntuoton suhteen lämpöpumppulaitteiston käyttöön tarvittavaan energiaan (ottoteho sähköverkosta). Esimerkiksi lämpökerroin  $\eta = 4,0$  kertoo, että käyttöteho on käytettävissä nelinkertaisena lämmöntuottoon. Tämän jälkeen kylmäaine virtaa paineisena pakoventtiilin kautta eteenpäin. ON/OFF-säätö ohjaa lämpöpumppua. Se kytkee virran kompressorin, kun lämpötila laskee asetusajan alapuolelle, ja katkaisee kompressorin käynnin, kun haluttu lämpötila on saavutettu. Poistoilmalämpöpumpun tarkoitus on ottaa

haluttu määrä ilmanvaihdon poistoilmasta lämpöenergiaa talteen ja siirtää sen joko tuloilman lämmitykseen tai lämminvesivaraajan käyttöön. Vuosilämpökertoimella tarkoitetaan lämpöpumpun lämpökerroin (keskiarvo) vuoden mittaiselta ajalta. (Hakala, Kaappola, 2013).

### 3.3 Faasimuutokset

Kun kylmäaine muuttuu höyrystimessä nesteestä höyryksi, se sitoo voimakkaasti lämpöä itseensä. Aineen tiivistyessä takaisin nesteeksi (tämä tapahtuu lauhduttimessa), vapautuu ympäristöön lämpöenergiaa. Samaa ilmiötä voimme nähdä talvella, kun vesi ja jää muuttavat olomuotoaan. Veden ja jään muutokset ovat tuttu esimerkki, kun mitataan ja kuvataan lämmön sitoutumista aineeseen. Tehokas kylmä (tai tässä tapauksessa lämpöpumppujärjestelmä) siirtää lämpöenergiaa kylmäaineen mukana nopeasti lämmönvaihtimesta toiseen. Tavoite on siis saavuttaa maksimoitu olomuodon muutos kummassakin lämmönsiirtimessä. Kylmäaineissa tapahtuvaa ja hyödynnettävää energiatasojen siirtämistä tilasta toiseen olomuodon muuttuessa kutsutaan faasimuutokseksi. (Hakala, Kaappola, 2013).



KUVIO 5. Jatkuvasti lämmitettävän veden lämpötilassa on tasainen kohta ennen höyrystymistä. (Hakala, Kaappola 2013).

### 3.4 Kylmäaineiden ympäristövaikutuksia

Kun puhutaan kylmäaineiden ympäristöystävällisyydestä, tarkoitetaan sillä yleensä haittaamattomuutta sekä ilmakehän otsonikerrokselle että alhaiselle tai olemattomalle kasvihuoneilmiötä lisäävälle vaikutukselle.

Otsonikerrosta haittaamaton kylmäaine ei saa sisältää klooria (Cl) eikä bromia (Br). Kylmäaineiden ympäristövaikutuksia kuvataan yleisesti seuraavilla tunnusluvuilla:

ODP –luvulla (Ozone Depletion Potential) ilmoitetaan kylmäaineen suhteellinen haitallisuus otsonikerrokselle. Vertauslukuna käytetään kylmäaine R-11 arvolla 1 asteikolla nollasta yhteen.

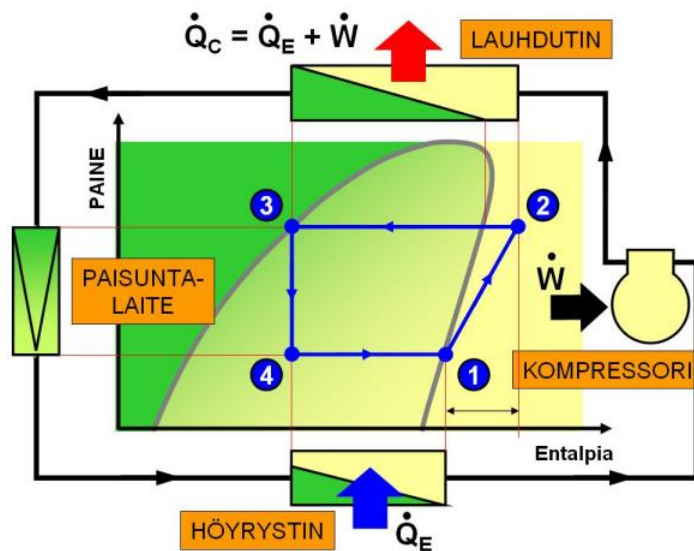
GWP -luku (Global Warming Potential) ilmoittaa aineen kasvihuoneilmiötä lisäävän vaikutuksen. Vertailulukuna käytetään hiilidioksidin CO<sub>2</sub> haitallisuuslukua 1,0. GWP- luku ilmoitetaan yleensä 100 vuoden ajanjaksolle laskettuina arvoina asteikolla nollasta ylöspäin.

TEWI –luvulla (Total Equivalent Warming Impact) kuvataan kylmälaitoksen elinkaaren aikana tuottaman kasvihuoneilmiötä lisäävää vaikutusta kg/CO<sub>2</sub>. TEWI-luku ilmoitetaan myös yleensä 100 ajankänteelle, asteikolla nollasta ylöspäin.

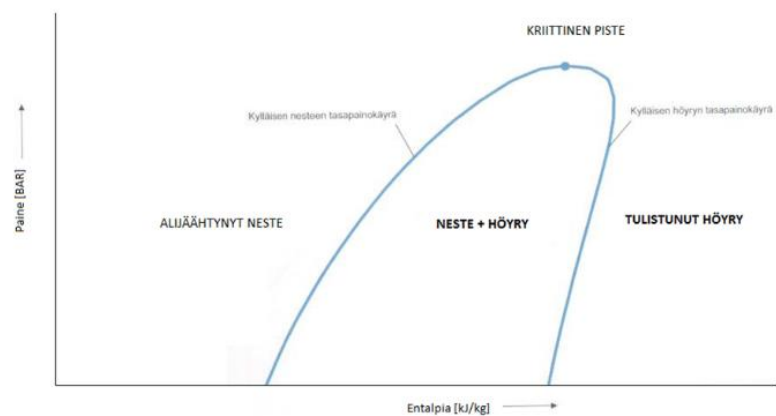
Mitä suurempia edellä mainitut luvut ovat, sitä haitallisempi kyseinen kylmäaine on ilmakehälle. (Suomen Kylmäyhdistys, Kylmäainetilanne 2017).

### 3.5 Kylmälaitos –kylmäprosessi

Log p, h –tilapiirros kuvaa kylmätekniistä prosessia. Erilaiset tilapiirrokset havainnollistavat tiettyjen tilanmuuttujien välisiä riippuvuuksia. Tilapiirrokset ovat nimettyjä akseleidensa perusteella. Log p, h –piirroksen pystyakselilla kuvataan painetta vaakakselin kuvantaessa aineen entalpiaa. Entalpian muutoksella pystytään kuvaamaan, kuinka energia siirtyy. Kylmätekniisessä prosessissa kylläisen nesteen ja kylläisen höyryn rajakäyrillä saadaan piirros rajattua kolmeen osaan. Log p, h –tilapiirroksissa kuvataan myös muita ominaisuuksia, kuten vakioämpötila, ominaistilavuus ja vakioalaatu. (Matti, Ilmastointisimulaattori, 2013).

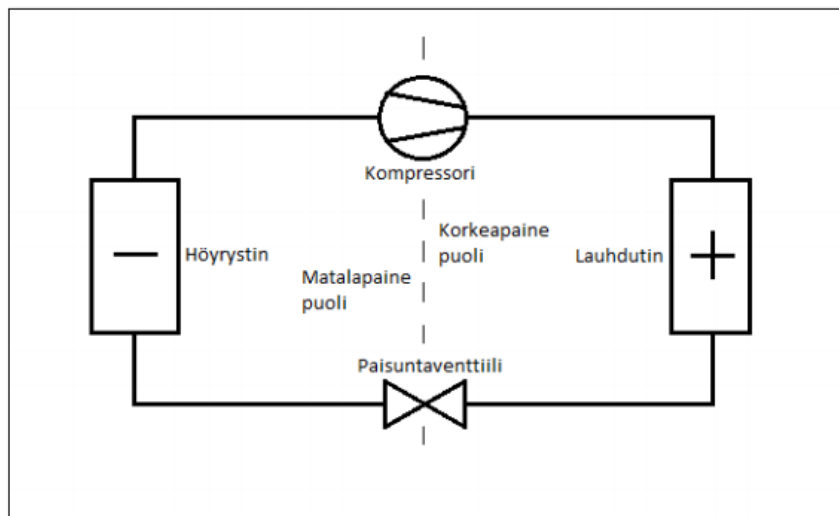


KUVA 2. Kylmäprosessi log p, h-tilapiirroksessa. Tilapiirros kuvaa kylmäaineen paineen ja entalpian välistä riippuvuussuhdetta. (Happonen Taito, 2010)



KUVA 3. Paine- ja entalpiatilapiirros. (Kaappola, Hirvelä, Jokela & Kianta 2011)

### 3.6 Kylmälaitoksen pääkomponentit ja toiminta



KUVA 4. Kylmälaitoksen toimintaperiaatekuva. (Juvonen Jyrki, Huoltopäällikön huoltokirja, 2016)

#### Höyrystin

Kylmälaitoksen höyrystimessä on sekä matala paine että alhainen lämpötila. Höyrystimen tehtävä on sitoa lämpöenergia kylmäaineeseen. Höyrystimelle tultaessa kylmäaineen paine on romahtanut nopeasti ja paineen alenemisesta johtuen neste alkaa höyrystymään sitoen samalla lämpöenergiaa höyrystimen putkien metalliseinämistä. Kompressorin imee höyrystyneen kylmäaineen eteenpäin kohti lauhdutinta.

#### Lauhdutin

Lauhdutin kuuluu korkean paineen piiriin; sekä paine että lämpötila ovat korkeat. Kompressorin puristuksen aikaansaamasta korkeapaineisesta kaasusta poistetaan lämpöenergiaa lauhduttimella. Ensin kuuma kaasu jäädytetään lauhtumislämpötilaan ja kun lämmönluovutus jatkuu, alkaa jäähtyvä kaasu nesteytytymään.

#### Paisuntaventtiili

Paisuntaventtiilin tehtävänä on säilyttää paine-ero kylmälaitoksen korkeamman ja matalamman paineen välillä samalla, kun se syöttää tarvittavan määrän kylmäainetta höyrystimeen. Kun lauhduttimelta tuleva nestemäinen kylmäaine ohittaa paisuntaventtiilin, tapahtuu nopea paineen aleneminen. Paineen alenemisen seurauksena kylmäaine alkaa välittömästi höyrystymään.

#### Kompressor

Kompressorin tehtävä kylmälaitoksessa on kierrättää kylmäainetta. Jotta kylmäaine saadaan höyrystymään, tarvitaan sekä lämpöenergiaa että riittävän alhainen paine höyrystymisen (kiehumisen) aikaansaamiseksi. Imupuolen matalapaineisen kaasun kompressorin puristaa korkeapaineiseksi, kuumaksi kaasuksi. (Hakala, Kaappola, 2013). (Mattila, 2013)

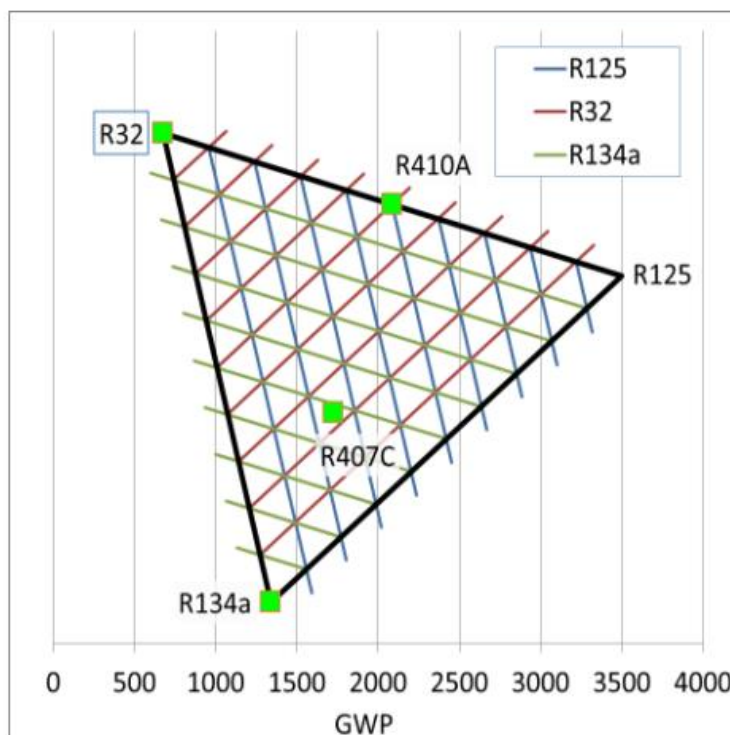
### 3.7 R32 –kylmäaine

Nykyaikaisista kylmäaineista kaupanimeltään R32 on saavuttanut suosiota matalien lämpötilojen kylmäaineena ja korvaa korkean GWP pitoisuuden omaavan R410A –kylmäaineen. R32:n hiilijalan jälki on pienempi kuin useimpien muiden HFC-aineiden. R410A:han verrattuna R32 on liki kolme kertaa ympäristöystävällisempi GWP-arvon ollessa 675. (Suomen Kylmäyhdistys, Kylmäainetilanne 2017)

R32 soveltuu sekä teollisuuden käyttämiin kylmälaite-sovelluksiin että asuinrakennusten ilmastointijärjestelmiin ja ilmalämpöpumppeihin. Sillä on jo korvattu ilmalämpöpumpuissa yleisesti käytettyä kylmäainetta R410A.

Vuonna 2014 voimaan tullut F-kaasuasetus kieltää kasvihuoneilmiötä kiihdyttävien kylmäaineiden käytön alle 3 kg kylmäainetta sisältävissä ilmastointi- ja jäähdytyslaitteissa; käytännössä tämä tarkoittaa kaikkia yleisimpiä ja tavanomaisimpia ilmalämpöpumppeja.

Kylmäaine R410A käyttökielto astuu voimaan vuoden 2025 alussa, mutta valmistajat ovat jo ennakoineet tulevaa tuomalla markkinoille korvaavilla kylmäaineilla toimivia lämpöpumppeja. Reaktiivisena eli syttyvänä kylmäaineena R32 ei sovellu suoraan R410A:n korvaavaksi kaasuksi, vaan markkinoille on tullut kokonaan uusia laitteita. Talteenotossa ja käsittelyssä on huomioitava R32 syttyvyys (syttyvyys ainoastaan 14 – 30 % pitoisuuksilla). (Suomen Kylmäyhdistys, Kylmäainetilanne 2017)



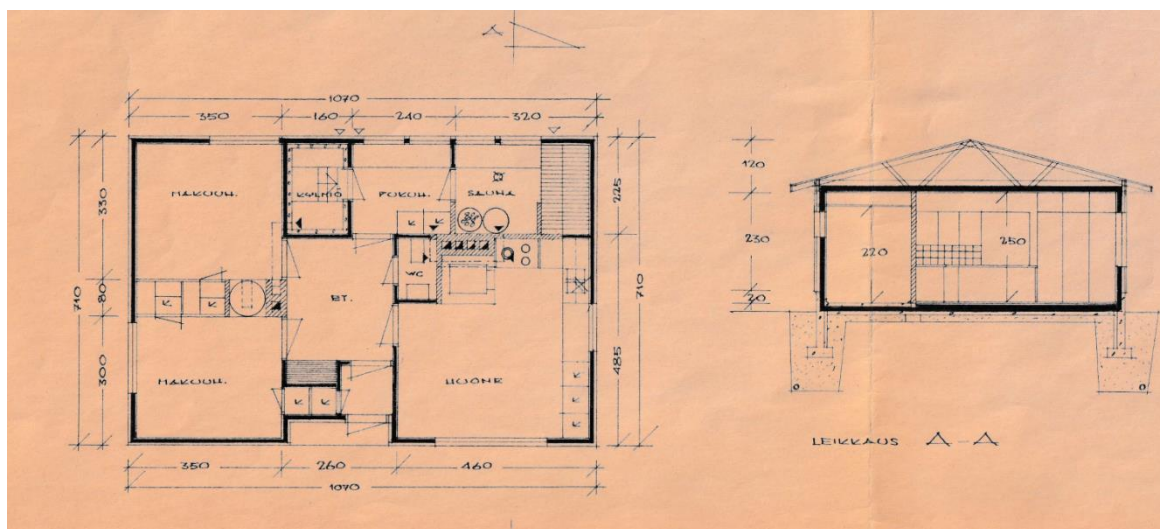
KUVIO 6. R32 GWP suhteessa vanheneviin kylmäaineisiin. (Suomen Kylmäyhdistys, 2017)



#### 4 KOHDEKIINTEISTÖN ESITTELY

Kohteena on haja-asutusalueella sijaitseva vuonna 1962 valmistunut pienkiinteistö. Asuinpinta-alaa on 62 m<sup>2</sup> ja huonekorkeus on 2,2 m. Taloudessa asuu kaksi henkilöä ja sähkönkulutus on kohtuullinen, 10 000 - 12 000 kWh vuodessa. Vedenkulutus on maltillinen, noin 90 m<sup>3</sup> vuodessa. Rakennus on lautarakenteinen, ikkunat ja katto on uusittu. Lämmittäminen tapahtuu pääasiassa puulla, sähköpatterit varmistavat peruslämmön ylläpitämisen.

Kuvassa 5 esitetään talon pohjapiirustus; isoin huone eli tupa suuntautuu etelään ja kaksi pienempää huonetta ovat pohjoiseen. Vastoin piirustuksia, piippuja on vain yksi ja pönttöuunia ei ole rakennettu makuuhuoneiden väliin. Kellarin seinät ovat kiveä, kuten myös palomuuuri ja kylpyhuoneen ja tuvan välinen seinä. WC:n kohdalla sijaitsee varaava takka ja kuvaan piirretyn saunan paikalla on kodinhoituhuone ja kylpyhuone. Rakennuksen suuntaus on etelään, mutta mahdollisten paneelien sijoitussuunta länteen. Varjostuksia ei ole. Ilmakuva kohteesta on kuvassa 6.



KUVA 5. Talon pohjapiirustus.



KUVA 6. Ilmakuva kohteesta.

Kiinteistön sähkönkulutus ja siirtomaksun osuus sähkölaskusta vuosina 2014-2018 esitetään taulukoissa 1 ja 2.

TAULUKKO 1. Kiinteistön sähkönkulutus ja sähkölaskun suuruus vuosina 2014-2019. Vuonna 2019 sähkön kulutuksen tiedot ovat tammi-lokakuulta.

	kWh	Sähkölasku / €
2014	8302	1271,5
2015	10850	1572,5
2016	11299	1591,5
2017	11669	1619,2
2018	10500	1772,2
2019	8939	1502,79

TAULUKKO 2. Siirtomaksun osuus sähkölaskusta vuosina 2014-2019.

Siirtoenergian osuus	
2014	54,62 %
2015	56,32 %
2016	57,11 %
2017	65,31 %
2018	61,15 %
2019	62,50 %

Maantieteellisesti Suomi sijaitsee pohjoisella pallonpuoliskolla ja ilmastosta johtuen rakennusten lämmityskustannukset muodostavat merkittävän osan energiankulutuksesta. Kun puhutaan kiinteistönhoidon kustannuskokonaisuudesta, lämmitys on suurin yksittäinen osakustannus. Rakennuksen iästä ja tyypistä riippuen lämmityksen osuus on noin kolmannes kaikista kustannuksista. Aiempina vuosikymmeninä, öljyn ollessa edullista, rakennettiin paljon öljylämmitteisiä pienikiinteistöjä. Öljyn hinnan noustessa öljyä suosittumaksi nousi helpokäyttöinen ja asennusvaiheessa edullinen sähkölämmitys. Öljylämmitykseen verrattuna sähkölämmityksen käyttö on yksinkertaista ja helppoa; termostaattiohjatut radiaattorit lämmittävät huoneet ja huolehtivat lämpötilan tasaisuudesta.

Energian hinnan jatkaessa nousua ja uusiutumattoman energian käyttämisen väheneminen ovat kannustaneet etsimään uusia ratkaisuja lämmitykseen. Ilmaston lämpeneminen ja sitoutuminen kiertotalouden askelmerkkeihin kohti hiilivapaata yhteiskuntaa ovat myös edesauttaneet siirtymiseen kohti uusiutuvan energian käyttämistä. Perinteisesti Suomessa on lämmitetty myös puulla, mutta päästöjen kannalta ajatellen tämä ei ole järkevä lämmitysmuoto.

## 5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS JA SUUNNITTELU

Alustava mitoitus ja hinnoittelu nykyteknologian aikaan on helppoa ja nopeaa. Internetistä löytyy useiden toimittajien suuntaa-antavia laskureita, jotka määrittävät tarpeen ja hinnan kohteen sijainnin, kattopinta-alan, varjostusten ynnä muiden suhteen. Tarkemmat tarjoukset tulivat kohtuullisen nopeassa ajassa, mutta eri toimittajien ratkaisujen vertailemiseen keskenään kului jonkin verran aikaa.

Aurinkosähkön mitoituksessa ja suunnittelussa laskin erilaisia vaihtoehtoja kohteeseen. Pyysin myös todellisia tarjouksia useammasta yrityksestä ja totesin, että toimitusvaihtoehdoista on järkevin valita avaimet käteen -paketti. Sähköpankit ja virtuaaliakut herättivät paljon mielenkiintoa ja paneuduin niihinkin huolellisesti. Niiden hinnan ollessa tällä hetkellä vielä huomattavan korkea ja toimitusehdot epäselvät, jäivät nämä lisävarusteet tässä vaiheessa valitsematta. Päädyin ”on grid” -järjestelmään ilman akustoa tai virtuaaliakkua ja keskityin kolmivaiheisiin järjestelmiin. Kuvassa 7 on Helenin laskurin antama arvio katon pinta-alasta ja aurinkosähkön tuotantoon soveltuvasta alasta.



KUVA 7. Kiinteistön katon pinta-ala.

### 5.1 Vaihtoehtoiset järjestelmät ja kokoonpanot

Helenin kohtuuhintainen mutta pienehkö aurinkosähköjärjestelmä olisi 14 x 275 Wp kattopaneelia, ilman sähkövarastoa. Maksimituottoarvio on 3270 kWh vuodessa. Paneelien pinta-ala on 24 neliötä ja kokonaisteho 3,85 kWp. Hinta on 7994 euroa sisältäen arvonlisäveron, asennuksen ja käyttöönoton. Sähkövaraston myötä hinta nousisi 18 192 euroon. Seuraavan kokoluokan järjestelmä samalta toimittajalta olisi 18 x 275 Wp kattopaneelia, maksimituottoarvio 4210 kWh vuodessa. Paneelien pinta-ala on 30 neliötä ja kokonaisteho 4,95 kWp. Hinta ilman sähkövarastoa on 9040 euroa sisältäen arvonlisäveron, asennuksen ja käyttöönoton. Sähkövaraston kanssa hinta 19 942 euroa. (Helen Oy, 2019)

Fortum Solar M12 tuottaisi nimellisteholtaan 3,6 kW sähkötehoa vuodessa. Paneelien kokoa ei ilmoitettu, mutta yksittäisen paneelin teho olisi 300 W. Hinta asennuksineen on 10 260 euroa.

Vattenfallin sivusto antaa tarkan kuvauksen tuotteesta ja sisällöstä, mutta tarkkaa hintaa tai tarjousta ei Vattenfallilta tullut. 2,7 kW järjestelmän hinta asennuksineen on alkaen 6 950 euroa, sisältäen kymmenen paneelia. (Vattenfall, 2019)

Areva Solarin laskuri ehdottaa 3 kW järjestelmää, jonka vuosituottoarvio on 2390 kWh. Järjestelmään sisältyy 12 paneelia, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on 20 m<sup>2</sup>. Järjestelmän hinta asennuksen kanssa on laskurin mukaan 6300 euroa. (Areva Solar, 2019)

Savon Voiman tarjous ei ennättänyt tähän projektiin mukaan, mutta se oli ainoa toimittaja, jonka kanssa keskustelin kokonaisevaltaisemmasta uudistustyöstä. Uskon, että hinta kokonaisuutena arvioiden tulee olemaan kilpailukykyinen ja varteenotettava toteutusvaihtoehto.

Naps aurinkoenergiälaskuri osoittautui epärealistiseksi. Kyseinen laskuri ehdotti 8,4 kW tehoista järjestelmää, joka tuottaisi 7140 kWh vuodessa. (Naps Solar, 2019)

Kuvassa 8 esitellään aurinkosähköjärjestelmän asentukseen liittyvä kaaviokuva.



KUVA 8. Aurinkosähköjärjestelmän asentaminen. (Areva Solar, 2019)

## 5.2 Paneelityyppien ja järjestelmien vertailu

Yksittäisten toimittajien suosimia paneelityyppejä oli haastavaa vertailla keskenään, eikä kokemuspohjaisia kertomuksiakaan vielä tullut vastaan. Panostin tarjousten pyynnössä takuuajkaan, toimivuuteen ja odotettuun elinkaareen. Toimintavarmuus ja käytön helppous ovat myös yksi valintakriteeri. Kohdekiinteistöön tullaan todennäköisesti asentamaan aurinkopaneelit luottaen paikalliseen ja isoon toimijaan (Savon Voima).

## 6 AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS JA SUUNNITTELU

Aurinkolämmön etuihin ja saavutettaviin hyötyihin perehdyttiin perusteellisesti. Mikäli kohderakennuksessa olisi ollut olemassa oleva vesikiertoinen lämmitys, olisi ollut luontevaa ja todennäköisesti järkevääkin liittää lämmitysjärjestelmä aurinkolämmön piiriin. Koska vesikiertoista lämmitysjärjestelmää ei ole, kustannukset nousisivat huomattavan suuriksi saavutettuihin hyötyihin nähden ja takaisinmaksuaika olisi huomattavan pitkä. Ainoastaan vihreät arvot toisivat tässä tapauksessa lisäarvoa. Missä vaiheessa on ekologisempaa säilyttää olemassa oleva järjestelmä verrattuna uusien laitteiden valmistukseen ja kuljetukseen? Kesäaikaan suihkun käyttö on kovin vähäistä, sillä asukkaat kylpevät pääasiassa pihasaunassa pesuveden lämmitessä saunan lämmityksen yhteydessä. Kesäaikaan, kun aurinkolämpöä olisi runsaasti saatavilla, on veden kulutus erittäin vähäistä.

### 6.1 Aurinkoenergiälaskelma

Aurinkoenergiälaskelmat tehtiin Solar-Arenan laskurilla siten, että laskettiin prosenttiosuus sekä tilojen ja käyttöveden lämmöntarpeesta (Kuva 9) sekä pelkästään käyttöveden lämmöntarpeesta (Kuva 10). Yhden keräimenjärjestelmä on kohteeseen sopivin.



SOLAR-ARENA.com

### Aurinkoenergiälaskelma

Aurinkolämpökeräimet (prosenttiosuus tilojen ja käyttöveden lämmöntarpeesta)

Laskennassa käytetyt yhteiset tiedot	
Paikkakunta/Koordinaatit, Ympäristö	Kuopio, Maaseutu
Henkilöiden Lukumäärä	2
Lämmitetty nettoala (m <sup>2</sup> )	65
Kerrosten lukumäärä	1
Sisäilmpötila (°C)	21
Läminvesivaraajan Tilavuus (l)	300
Päivittäinen käyttöveden kulutus per hlö (l)	100
Tästä 40% oletetaan olevan kuumaa vettä	

Tuote	Paneelin/Keräimien Määrä (kpl)	Kallistuskulma (0-90°)	Varjostuskerroin (%)	Suuntaus
Aurinkolämpökeräin 1	1	35	15	90 (Länsi)

Prosenttiosuus lämmöntarpeesta

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
0	0	0	17.2	49.6	82	79.3	55.4	12.6	0	0	0	6.7

KUVA 9. Aurinkolämpöjärjestelmä, tilojen ja käyttöveden lämmöntarve (Solar-Arena, 2019)

Laskennassa käytetyt yhteiset tiedot				
Paikkakunta/Koordinaatit, Ympäristö	Kuopio, Syrjäinen Maaseutu			
Henkilöiden Lukumäärä	2			
Lämmitetty nettoala (m²)	60			
Kerrosten lukumäärä	1			
Sisälämpötila (°C)	21			
Lämminvesivaraajan Tilavuus (l)	300			
Päivittäinen käyttöveden kulutus per hlö (l)	100			
Tästä 40% oletetaan olevan kuumaa vettä				

Tuote	Paneelien/Keräimien Määrä (kpl)	Kallistuskulma (0-90°)	Varjostuskerroin (%)	Suuntaus
Aurinkolämpökeräin 1	1	35	15	90 (Länsi)

Prosenttiosuus lämmöntarpeesta												
Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
0	0	20.3	56.5	76.2	87	83.5	62.9	29.8	0	0	0	34.9

KUVA 10. Aurinkolämpöjärjestelmä, käyttöveden lämmöntarve. (Solar-Arena, 2019)

## 7 LÄMPÖPUMPUN MITOITUS JA SUUNNITTELU

Lämpöpumpun mitoitukseen vaikuttaa myös se, ettei kiinteistössä ole vesikiertoista lämmitystä vaan kohteessa on suora sähkölämmitys. Näin ollen kohteeseen sopivin ratkaisu on ilmalämpöpumppu.

### 7.1 Ilmalämpöpumpun mitoitus

Kohteen pinta-ala on 62 m<sup>2</sup> ja korkeus 2,2 m. Rakennuksen tilavuus on 136 m<sup>3</sup>. Sopiva wattimäärä on noin 25 W kuutiota kohti (<https://www.kkh-luoma.fi/mitoitus.html>) eli tämän mukaan kohdekiinteistöön olisi sopivin 5,4 kW ilmalämpöpumppu. Koska kohdekiinteistö on sokkeloinen ja sisältää kiviseiniä, lämmön leviäminen ei ole kovin tehokasta. Tämän vuoksi pumppua ei kannata ylimitoittaa vaan valitaan 5 kW pumppu.

Lämmitykseen käytettävä ilmalämpöpumppu sijoitetaan siten, että lämpö leviää tasaisesti ympäri tilaa. Tästä syystä pumppua ei kannata myöskään ylimitoittaa. Pumpun sisäyksikkö sijoitetaan tuvan oven päälle ja ulkoyksikkö ulko-oven läheisyyteen kuistin ulkopuolelle. Vaihtoehtoisesti sisäyksikkö sijoitetaan tuvan eteläikkunan päälle ja ulkoyksikkö eteläseinälle. Kylmäaineeksi valitaan ehdottomasti R32, edullisesti myytäviä R410A-laitteita kohteeseen ei enää haluta asentaa.

Asennuskustannukset ovat edulliset, työn hintaa ei itse asennettuna tähän laskelmaan huomioida. Asennustarvikkeet (teline ulkoyksikölle, kourut, kaapelit, turvakytkin jne.) ovat kustannuksena noin 100 euroa.

Sopivia laitteita ovat esimerkiksi:

Bosch Compress 5000 AA 5kW (hinta 1500 euroa)

Panasonic Nordic CZ 9/12 tai

Gree Amber 25-A

Maahantuoja ilmoittamat hyötysuhteet ovat laskennallisia ja perustuvat tiettyihin olosuhteisiin laboratoriossa. Tästä syystä takaisinmaksuajassa ei huomioida ilmoitettua hyötysuhdetta, vaan käytetään laskennallista hyötysuhdetta 3. Nykyisillä ilmalämpöpumpuilla hyötysuhde on todennäköisesti korkeampi, mutta kesällä laitetta käytetään kuitenkin myös jäähdytykseen ja tämä pidentää takaisinmaksuajan pituutta, jos katsotaan pelkkiä euroja.

Kohteeseen valitaan Gree Amber, sillä se on edullisin vaihtoehto suoraan laitteen edustajalta ostettuna. Laitteen hinnaksi jää toimituskuluineen 980 euroa, sisältäen alv 24%.

Ilmalämpöpumppu Gree Amber 25-A/W tekniset tiedot			
Sisäyksikkö	Malli		GWH09YD-S6BA2A/I
Ulkoyksikkö	Malli		GWH09YD-S6BA2A/O
Lämmitystoiminto	Lämmitysteho (nimellisteho)	kW	0,7-5,5 (3,5)
	Toiminta-alue (ulkolämpötila)	°C	-30 ~ +24
	SCOP lämpökerroin	kW / kW	5,10
	Energiatohokkuusluokka	A - E	A+++
Jäähdytys	Jäähdytysteho (nimellisteho)	kW	0,7-5,0 (2,7)
	Toiminta-alue (ulkolämpötila)	°C	-18 ~ +54
	SEER, energiatohokkuuskerroin	kW / kW	8,50
	Energiatohokkuusluokka	A - E	A+++
Sisäyksikkö	Mitat, k x l x s	mm	301x996x225
	Paino	kg	13
	Äänenpaine (min-max)	dB (A)	18-43
	Ilmavirta (min-max)	m <sup>3</sup> /h	450/500/560/620/670/720/800
	IP-luokitus	Moisture class	IP20
Ulkoyksikkö	Mitat, k x l x s	mm	596x899x378
	Paino	kg	44,5
	Äänenpaine maksimi (1 m päästä)	dB(A)	53
	IP-luokitus	IP	IP24
	Nimellisvirta, maksimi	A	10,0
Asennustiedot	Nesteputken halkaisija	mm (")	6,35 (1/4")
	Kaasuputken halkaisija	mm (")	9,52 (3/8")
	Maksimi putkipituus	m	15
	Maksimi korkeusero	m	10
	Lisätäyttö 5m jälkeen	g/m	16
	Jännite, vaihe/taajuus	V, Vaihe/Hz	230, 1/50
Sähköistys			ulkoyksikkö
	Kylmäaine (GWP 675)	tyyppi	R32 ( 1,0kg )

KUVA 11. Ilmalämpöpumppu Gree Amber 25 tekniset tiedot. (ScanOffice, 2019)

Kiinteistön sähkönkulutuksesta liki puolet menee lämmitykseen. Riippuen sähkönhinnan kehityksestä ja jäähdytyksen tarpeesta hellejaksoilla, kyseiseen kohteeseen olisi kannattanut laittaa ilmalämpöpumppu jo vuosia aiemmin. Varovaisellakin arviolla laite maksaa itsensä takaisin jo kahden ensimmäisen vuoden aikana, mutta viimeistään kolmannen vuoden kuluessa laite on jo hankkinut hintansa takaisin.

Kiinteistön omistaja ei ole halunnut aikaisemmin ilmalämpöpumppua, koska sisäyksiköt ovat hänen mielestään rumia. Lopulta sähkön hinnan tasainen nouseminen on saanut kiinteistön omistajan ymmärtämään edut ja hankkimaan energiaa säästävän ilmalämpöpumpun.



## 8 TAKAISINMAKSUAIKA

Kuinka sitten tarkastelen ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaikaa? Laitteen ekologisuus ja hyötysuhde olivat keskeisessä roolissa hankintahinnan kanssa. Nyrkkisääntönä takaisinmaksuaikaan (ilmalämpöpumppujen suhteen) pidetään neljää vuotta, jotta hankinta olisi kannattava. Tämän tarkasteltavan kiinteistön kohdalla takaisinmaksuaika tulee todennäköisesti olemaan alle kaksi vuotta; asennustyöhön ei tarvitse laskea rahallista menoerää (asennetaan itse).

Yleisesti ottaen ilmalämpöpumpun hankkiminen on kohtuullinen kertakustannus ja takaisinmaksuajan laskeminen edeltä käsin voi olla haastavaa. Mikäli tuntee kohteen lämmityskustannukset ja vuotuiset kulutukset tähän liittyen, on takaisinmaksuajan laskeminen yksinkertaista. Tällä hetkellä markkinoilla on saatavilla kustannustehokkaita ja nykyaikaisia ilmalämpöpumppuja.

Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa myös se, mistä lämmitysmuodosta siirrytään ilmalämpöpumppua käyttämään. Suora sähkölämmitys on yleensä kallein lämmitysmuoto ja tästä tulokulmasta tarkasteltuna sähkölämmityksestä ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika on lyhin.

Asennustyön osuuden voi vähentää kotitaloustyön vähennyksenä verotuksessa. Edullinen hinta ja nopea takaisinmaksuaika eivät yksistään ole riittäviä kriteereitä valittaessa ilmalämpöpumppua asuinkiinteistöön. Helppokäyttöisyys, monitoimisuus, etäohjattavuus, alhainen äänitaso ja hyvä hyötysuhde ovat tekijöitä, jotka on myös syytä ottaa huomioon ilmalämpöpumppua valitessa puhumatakaan siitä, millä kylmäaineella ilmalämpöpumppu toimii. Kylmäaineen saatavuus ja hinta tulevaisuudessa on syytä tarkastaa jo ostovaiheessa.

Kiinteistön ominaisuudet, kuten lämmöneristys, lämmitystarve ja rakenteet vaikuttavat osaltaan takaisinmaksuaikaa laskettaessa. Huteralla eristämisellä joudutaan tuottamaan enemmän lämpöenergiaa verrattaessa hyvin eristettyyn taloon.

Käyttömukavuutta lisää helleaikaan käyttöön saatava jäähdytysominaisuus. Jäähdytystarve on Suomessa suhteellisen vähäistä, joten merkittävää lisääikaa laitteen takaisinmaksuaikaan ei jäähdytyksellä ole normaaliolosuhteissa. Asennusvaiheessa muiden lämmönlähteiden sijainti on syytä ottaa myös huomioon; oikein sijoitettuna ilmalämpöpumppu ja tulisijat täydentävät toisiaan.

## 9 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kiinteistön omistaja päätyi hankkimaan Gree Amber –merkkisen ilmalämpöpumpun helppokäyttöisyyden ja hankintahinnan edullisuuden vuoksi. Yksittäisiä aurinkopaneeleita pienitehoisten sähkölaitteiden käyttämiseen on tarkoitus myös hankkia kesäaikaisen energiankulutuksen minimoimiseksi, mutta opinnäytetyön valmistuessa paneelien hankinta ei vielä ollut ajankohtainen.

Kun lämminvesivaraaja saavuttaa elinkaarensa pään tai kiinteistöön tulee tarve suunnitella isompaa remonttia, on aurinkosähkö erittäin varteenotettava ja todennäköinen vaihtoehto oman sähköenergian tuottamiseksi. Ennen suurempaa investointia kiinteistöön on järkevä hankkia muutama pienempi paneeli kesäaikaista käyttö sähköä ajatellen. Edelleen, mikäli sähkön jakelun keskeytykset jatkuvat ja samalla sähköenergian hinnannousu jatkaa nykyistä kehittymistä korkeampaan suuntaan, on yhtenä vaihtoehtona suunnitella ja toteuttaa off grid -aurinkosähköjärjestelmä ja irrottautua sähkönjakelun piiristä kokonaan.

Viimeisten vuosien sähkönkulutuksen perusteella (lämmityksen osuus kolmannes kulutuksesta) ilmalämpöpumpun takaisinmaksuajaksi saadaan noin kaksi vuotta. Vuonna 2015 sähköenergian kokonaiskulutus oli 10 850 kilowattituntia. Aikajaksolla 16.1.-15.3. sähköenergiaa kului 2328 kilowattituntia eli 21,5% koko vuoden energiankulutuksesta. Koko vuoden sähkölaskujen loppusumma oli 1572,5 euroa ja kuluneen ajanjakson sähkölasku oli 340,81 euroa eli 21,7 % koko vuoden sähkölaskuista. Kolmasosa vuoden 2015 sähkölaskusta on 471,75 euroa; tähän laskelmaan perustuen ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika on maksimissaan kaksi vuotta, todennäköisesti sähkön hinnan edelleen kallistuessa lyhyempikin aika riittää. Ottaen huomioon asumismukavuuden ja takaisinmaksajan lyhyiden, olisi ilmalämpöpumppu kannattanut hankkia kiinteistöön jo useita vuosia aiemmin.

## LÄHTEET JA LAINAUKSET

- Hakala, Pertti, Kaappola, Esko. (2013) Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.
- Jokela, Matti, Hirvelä, Aulis, Kaappola, Esko, Kianta, Jani. (2015) Kylmätekniiikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- Happonen, Taito. (2010) Ilmalämpöpumpun toiminta ja asennus. Kuopio: Itä-Suomen Yliopisto.
- Mattila, Antti. (2013) Opinnäytetyö. Ilmastointisimulaattori. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu.
- Juvonen, Jyrki. (2016). Opinnäytetyö. Huoltopäällikön huoltokirja. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- Petriläinen, Kimmo. (2016) Opinnäytetyö. Ilmalämpöpumppu. Saimaan Ammattikorkeakoulu.
- Sulander, Petteri. (2018) Opinnäytetyö. Energiansäästötoimenpiteiden taloudellisuus. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- VTT, Aaltoyliopisto. (2014) Renewable energy production of Finnish heat pumps. Espoo:ISSBN.
- Ahjo Aurinkosähkö. (2020) Aurinkopaneelien toiminta. [viitattu 26.12.2019]  
 Saatavissa: <http://www.ahjoenergia.fi/index.php/periaatteet/aurinkopaneelien-toiminta>
- Suntekno Oy. Aurinkosähköjärjestelmän asentaminen. [Viitattu 26.12.2019]  
 Saatavissa: <http://suntekno.bonsait.fi/aurinkos%C3%A4hk%C3%B6j%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20asentaminen>
- Helen Oy. Aurinkolaskuri. [Viitattu 26.12.2019] Saatavissa: <https://www.helen.fi/aurinko/kodit/aurinkolaskuri>
- Fortum Oyj. Aurinkopaneelit. [Viitattu 26.12.2019] Saatavissa: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/aurinkopaneelit/aurinkopaneelit>
- Areva Solar Oy. Aurinkolaskuri. [Viitattu 26.12.2019] Saatavissa: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/aurinkopaneelit/aurinkopaneelit>
- Solar Arena. Aurinkosähkölaskuri. [Viitattu 26.12.2019] Saatavissa: <https://demo1.solar-arena.com/>
- Savon Voima Verkko. Oma sähköntuotanto. [Viitattu 2.2.2020] Saatavissa: <https://www.savonvoima.fi/sahkon-siirto/sahkoliittyman-tilaus/oma-sahkontuotanto/>
- Vattenfall Oy. Aurinkopaneeli. [Viitattu 2.2.2020] Saatavissa: <https://www.vattenfall.fi/aurinkopaneeli/>
- Naps Solar Systems Oy. Aurinkosähkö. [Viitattu 2.2.2020] Saatavissa: <https://napssolar.com/fi/aurinkosahko>
- Suomen Kylmäyhdistys Ry. Kylmäainetilanne 2017. [Viitattu 6.12.2019] Saatavissa: <http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=305>
- Sulpu. Lämpöpumppujen suosion kasvaminen. [Viitattu 6.12.2019] Saatavissa: <https://www.sulpu.fi/lampopumput>